

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-063859

(43)Date of publication of application : 10.03.1995

(51)Int.Cl.

G01T 1/20

A61B 6/00

G06F 19/00

H01L 27/14

H01L 31/09

(21)Application number : 05-213186

(71)Applicant : SHIMADZU CORP
NIPPON HOSO KYOKAI <NHK>

(22)Date of filing : 27.08.1993

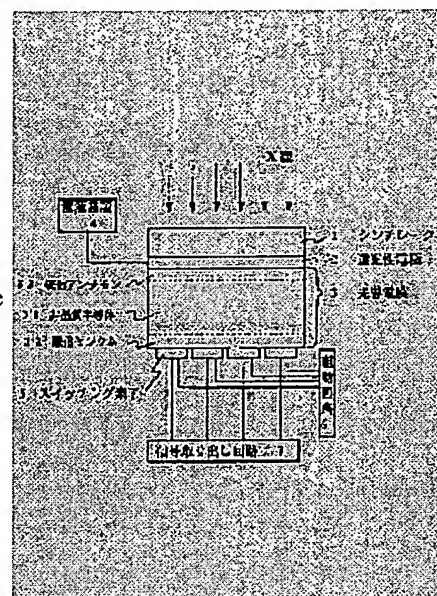
(72)Inventor : TAKEMOTO TAKAYUKI
OIKAWA SHIRO

(54) TWO-DIMENSIONAL DETECTOR OF RADIATION

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a two-dimensional detector of radiation of a solid scan system which makes it possible to obtain an image of good quality having high sensitivity and high S/N and to increase the number of collected images for a unit time and which is excellent in light responsiveness.

CONSTITUTION: A scintillator 1 converting an image obtained by an X ray into an image of light, a light-transmitting electrode 2, a photoconductive film 3 and a switching element matrix 5 are laminated sequentially, and the photoconductive film 3 is made an amorphous semiconductor layer which is held by electrodes having a check type contact and has a charge multiplying action.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-63859

(43) 公開日 平成7年(1995)3月10日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 T 1/20		E 9014-2G		
A 6 1 B 6/00	3 0 0 Q	9163-4C		
G 0 6 F 19/00				
		7210-4M	G 0 6 F 15/ 52 H 0 1 L 27/ 14	K
			審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 7 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願平5-213186

(22) 出願日 平成5年(1993)8月27日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(74) 上記1名の代理人 弁理士 武石 靖彦

(71) 出願人 000004352

日本放送協会

東京都渋谷区神南2丁目2番1号

(74) 上記1名の代理人 弁理士 西岡 義明

(72) 発明者 竹本 隆之

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所三条工場内

(72) 発明者 及川 四郎

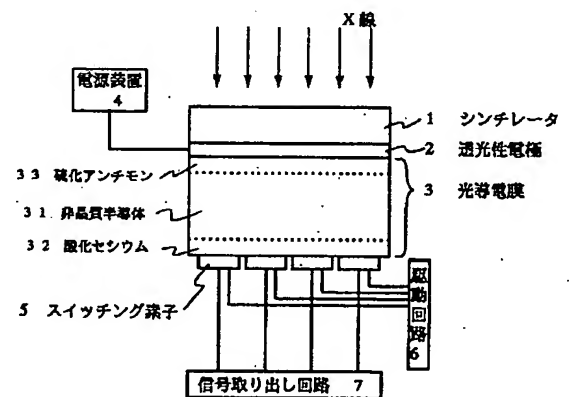
京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所三条工場内

(54) 【発明の名称】 放射線2次元検出器

(57) 【要約】

【目的】 高感度でS/N比の高い良質の画像が得られ、且つ、単位時間当たりの画像収集枚数が大きくとれる光応答性に優れた固体走査方式の放射線2次元検出器を得る。

【構成】 X線による画像を光の画像に変換するシンチレータ1、透光性電極2、光導電膜3、スイッチング素子マトリックス5を順次積層し、光導電膜3を阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用をもつ非晶質半導体層とした。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 放射線による画像を光の画像に変換するシンチレータと、シンチレータからの光の画像を電荷の画像に変換するターゲット膜と、上記ターゲット膜を 2 次的に走査し、ターゲット膜に蓄えられた電荷を読み出すスイッチング素子マトリックスとを積層してなる放射線 2 次元検出器において、上記ターゲット膜が阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用をもつ非晶質半導体層からなる光導電膜であることを特徴とする放射線 2 次元検出器。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の放射線 2 次元検出器において、上記シンチレータと光導電膜との間に表面が平坦な透明平板を介在したことを特徴とする放射線 2 次元検出器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、X 線撮像装置などの医療用診断装置に用いるに好適な X 線等の放射線を検出する固体走査方式の放射線 2 次元検出器に関する。

【0002】

【従来の技術】 医用分野における X 線画像を電気信号に変換する 2 次元の X 線検出器としては、一般にイメージインテンシファイアとテレビジョン撮像管とを組み合わせたものが用いられている。イメージインテンシファイアの画素は少なくとも【数百×数百】のマトリックス相当から【数千×数千】マトリックス相当の画素数を持っている。

【0003】 この X 線 2 次元検出器は、イメージインテンシファイアで画像増倍された可視光画像をイメージインテンシファイアと光学的に結合するテレビジョン撮像管で電子ビーム走査により撮像する構成であるために、X 線画像から最終の電気的画像信号が得られるまでに、X 線—可視光線—電子—可視光線—光学系—可視光線—電気信号という多くの変換工程が含まれるので、変換効率が悪化し最終画像の S/N 比を低下させると共に、装置が複雑・大型になるという問題がある。

【0004】 イメージインテンシファイアで画像増倍された可視光画像をテレビジョン撮像管で電子ビーム走査により撮像するかわりに、X 線を感知するセンサーと薄膜トランジスタ等で構成されたスイッチング素子マトリックスを一体化し、スイッチング素子を 2 次的に走査し、画像信号を得るようにした固体走査方式の放射線 2 次元検出器が種々提案されている。

【0005】 例えば、特開平 3-185865 号公報には、アモルファスシリコン層に逆バイアスの電圧を印加し、X 線の吸収によって生成された電子正孔対（電荷）をマトリックス状に設けたアモルファスシリコン薄膜トランジスタによって走査・撮像するようにした放射線検出器が開示されている。特開平 4-206573 号公報には、X 線をシンチレータ層で光に変換した後、薄膜ホ

トダイオードと薄膜トランジスタにより撮像するようにした放射線検出器が開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記のような固体走査方式の放射線 2 次元検出器では、信号電流が小さいためにスイッチング素子による画素切り替え時に起こるスパイクノイズが画素ノイズとなり、画質を悪化させる。この画質悪化を軽減するためには十分な積分時間を要して信号を取り出したり、また、放射線画像を電荷の画像に変換する光導電膜の電荷蓄積作用を用い

【0007】 一方、特開平 3-185865 号公報に示す X 線を光に変換せずに直接検出し電気信号に変換するタイプのものは、X 線吸収の感応層である半導体層の厚みを数百 μm 以上にまで成膜しなければ大きな信号が得られないという問題がある。さらに、半導体層の厚みを大きくすると、電子正孔対の移動度に関係する時定数が大きくなり、その結果残像が大きくなるという性能上の問題がある。

【0008】 本発明は、上記に鑑み、高感度で S/N 比の高い良質の画像が得られ、且つ、単位時間当たりの画像収集枚数が大きく取れる光応答性に優れていると共に、構造が簡単で、しかも大視野にすることのできる放射線 2 次元検出器を提供することを目的とする。また、電荷増倍作用を起こす、阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用をもつ非晶質半導体層からなる光導電膜と、X 線を光に変換するシンチレータを最適の条件でそれぞれ独立に形成することを可能にした放射線 2 次元検出器をも提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】 上記の問題を解決し、上記目的を達成するために、第 1 の発明の放射線 2 次元検出器は、放射線による画像を光の画像に変換するシンチレータと、透光性電極を介して密接した光導電膜からなるターゲット膜とを備え、ターゲット膜は電圧が印加された阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用を持つ非晶質半導体層からなる光導電膜で構成され、ターゲット膜を走査し信号を取り出すために光導電膜に接して 2 次的に配置されたスイッチング素子マトリックスと、このスイッチング素子マトリックスの駆動、および、信号取り出し回路を設けた、ことを特徴としている。

【0010】 第 2 の発明の放射線 2 次元検出器は、シンチレータと阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用を持つ非晶質半導体層からなる光導電膜（透光性電極も含む）との間に、表面が平坦な透明平板を介在させ、ことを特徴としている。

【0011】

【作用】シンチレータは、入力した放射線を光に変換する。この変換された光は透光性電極を透過して光導電膜に入射し、この膜内に電子正孔対（電荷）を生成する。生成された電子正孔対は、光導電膜内の電界によって膜内を移動し、この際電子正孔対を増倍する。この結果として、ターゲット膜の電位を入射光量に応じて大きく変化させる。ターゲット膜は、面方向に対しては大きな電界がないため入射像に対応した電位分布がターゲット膜上に現れる。

【0012】光導電膜内部での電荷増倍作用で増倍された電荷は、光導電膜に接してマトリックス状に配置されたスイッチング素子がその駆動回路によって順次駆動されて、信号取り出し回路で順次読み出される。この信号取り出し回路で読み出される電気信号は、ターゲット膜内のそれぞれの画素に応じた電位によって流れる電流で、放射線画像に対応した画像信号である。この画像信号は、光導電膜内部での電荷増倍作用のために非常に大きく、且つ、ダイナミックレンジの大きなものとなることから、高感度で、S/N比の高い高画質の画像が得られる放射線2次元検出器が提供できる。

【0013】しかも、阻止型ターゲット膜であることから残像が少ないので、単位時間当たりの画像収集枚数が大きく取れる光応答性に優れた放射線2次元検出器が得られる。また、放射線の光への変換は、CsI等のシンチレータで行うので、シンチレータを厚くすることで、放射線を効率良く光に変換することができ、光導電膜を薄くできる。

【0014】すなわち、シンチレータによる放射線から光への高効率変換と阻止型ターゲット膜のその内部での電荷増倍作用と相俟って大きな画像信号が得られることから、高感度の放射線2次元検出器が提供できる。アモルファスセレン等の非晶質半導体層は、熱に弱く30℃を越えると結晶化し、破壊する。また、シンチレータとしてCsIを用いた場合には基板温度（蒸着温度）で結晶状態が大きく変化し、有効なCsIシンチレータを得るには200～300℃程度の基板温度が好ましい。このように非晶質半導体層とCsIシンチレータの形成条件が相違しており、その条件が相反している。

【0015】第2の発明では、シンチレータと阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用を持つ非晶質半導体層からなる光導電膜との間に、表面が平坦な透明平板を介在させたので、非晶質半導体層の形成とは別に透明平板上にシンチレータを最適な温度条件で形成することが可能となり、シンチレータの形成時の熱的ダメージを非晶質半導体層に与えることがない。なお、シンチレータが形成された透明平板は、別の基板上に形成された非晶質半導体層からなる光導電膜と光学的接着剤で接合一体化される。

【0016】

【実施例】以下、本発明の好ましい一実施例について図面を参照しながら説明する。図1は本発明の放射線2次元検出器の基本構成を示す模式図である。代表的な放射線として70KeVのエネルギーを持つX線の場合、シンチレータ1は、X線を十分吸収し発光を起こすように200～400μmの厚に形成する。シンチレータに沃化セシウム（CsI）を用いた場合、70KeVのX線に対しては、50～70%を吸収し、このX線吸収により光を放出する。シンチレータ1に光学的に密接して透光性電極2が設けられており、この電極は酸化インジウムスズ（ITO）膜等よりなり、光の散乱の影響を少なくするためにできるだけ薄く形成されている。

【0017】さらに、この電極2に密接して、光導電膜3であるターゲット膜が1～数十μmの厚さで設けられている。なお、透光性電極2は抵抗が小さく、電導率の小さい光導電膜3に一定の電位を与えるために設けられている。この光導電膜3は、セレンを主成分とする非晶質半導体31を酸化セシウムで作られた電極32と硫化アンチモン33で作られた電極で挟まれた構造となっており、これらの電極はそれぞれ正孔・電子の電荷注入を阻止する、所謂、阻止型接触を持つ電極で、光導電膜層3内に強い電界が作られるように外部に設けられた電源装置4によって透光性電極2を通して電圧が印加されている。

【0018】シンチレータ1で発光した光は、光導電膜3で吸収され電子正孔対（電荷）を生成し、これらの電荷が電界によって移動する際に電荷増倍作用を引き起こして光導電膜3の電位を変化させる。これらの過程において入射光子数に対して利得1以上で電子正孔対が生成するため、光導電膜に現れる電位変化は従来の光導電膜より非常に大きく、高感度である。また、この電位は、面方向に対しては大きな電界がないので、通常の画素走査時間では、電位の緩和現象に伴う画像のボケは無視でき、入射したX線透過像に対応した電位分布が膜上に現れる。

【0019】光導電膜3に現れた電位の読みだしは、2次元的に配置したスイッチング素子5で行われる。このスイッチング素子5は、所謂、薄膜トランジスタ（TFT）や薄膜ダイオード（TFD）素子であり、前者はシリコン半導体層と絶縁層および電極で構成されたトランジスタであり、後者には一般にアモルファスシリコンダイオードやタンタル電極-タンタル酸化物-クロム電極で構成されたMIM素子型ダイオードが考えられる。

【0020】これらのマトリックス状に配置されたスイッチング素子は、駆動回路6により順次駆動され、光導電膜3に現れた電位を初期電位にリセットするために流れる電流が、各画素毎に信号取り出し回路7によって読みだされる。なお、透光性電極2は省略してもよい。

【0021】【実施例1】スイッチング素子5としてシリコン半導体TFT素子を用いた第1の発明の実施例に

ついて説明する。まず、表面が十分に平滑された絶縁基板（図示せず）の上にプラズマCVDなどの気相成長法やスパッタ法、または、フォトリソグラフィ技術を用いて半導体素子をマトリックス状に設け、それぞれの素子に電極を設ける。絶縁基板にはガラス基板が最も好ましく、またTFTの特性劣化を避けるためにはナトリウム含有量の非常に少ない、所謂、無アルカリガラスが最も適している。さらに、その平滑度は数 μm の範囲での曲率が200 μm 以下、1mm程度の範囲での、所謂、ウネリが数nm以下であることが望ましい。半導体素子には、アモルファスシリコンや多結晶シリコンを用いることができる。

【0022】アモルファスシリコンを用いれば低温での素子形成が可能であるため安価なガラスが使用でき、経済的には好ましい。また、多結晶シリコンは、TFT素子内のキャリア移動度がアモルファスシリコンに比べて大きいために素子特性上は、多結晶シリコンが好ましい。この半導体素子の上に上記に述べた阻止型接触の電極を持つ光導電膜3、および、透光性電極2が蒸着法やスパッタ法により形成される。さらに、その上に、シンチレータ1が蒸着法により設けられる。シンチレータ1に沃化セシウム(CsI)を用いた場合は、沃化セシウムが潮解性を持ち、湿度によりその発光特性が劣化するのを避けるために、全体を封止するか、真空容器内に収容することが好ましい。

【0023】次に光導電膜3に現れる電位の読み出しについて、図2の電気的等価回路を用いて説明する。光導電膜は、構造的には検出部全体で一体の膜であるが、電気的には各画素毎にキャパシタンスと抵抗からなる並列回路で表され、その一端の透光性電極側は電源装置4によって同電位に保たれている。X線がシンチレータ1に入射するとシンチレーション発光が生じ、その光は透光性電極2を経て光導電膜3に導かれる。光導電膜3の各画素に光が入射するとキャパシタンスに充電された電位が光の入射量に応じて変化する。

【0024】駆動回路6によって、例えば、[i]行が選択されたとすると、[i]行上のTFT素子がオンになり、それぞれの画素を再充電するための電流が流れ、各画素は初期電位にリセットされる。この時の電流量が信号となって信号取り出し回路7を通じて各列[j-1, j, j+1...]ごとに読み出される。信号取り出し回路7が出力する信号は、サンプルホールド回路（図示せず）やマルチプレクサ回路（図示せず）、A/D変換回路（図示せず）等を通してデジタル画像信号として記録することができ、また、適当なタイミング回路（図示せず）と組み合わせてテレビ信号のようなアナログ画像信号とすることもできる。

【実施例2】スイッチング素子としてアモルファスシリコン半導体素子を用いた第1の発明の他の実施例について説明する。なお、本実施例もつぎに示す実施例3もス

イッチング素子部分の構成のみが実施例1と相違しており、他の構成は実施例1で示した構造と同じである。まず、表面が十分に平滑されたガラス基板の上に気相成長法等を用いて、アモルファスシリコンを堆積し、フォトリソグラフィ技術を用いて、ダイオード素子をマトリックス状に形成する。それぞれのダイオード素子には駆動用の電極と信号読みだし用の電極がマトリックス状に設けられている。その上に実施例1と同様に光導電膜3、および、透光性電極2が形成され、さらに、シンチレータ1が設けられる。光導電膜3上に現れる電位は、駆動回路によって、ある選択行のダイオード素子がオンになることで、各画素の信号が信号取り出し回路を通して読み出される。【実施例3】スイッチング素子としてMIM素子を用いた、第1の発明のさらに他の実施例について説明する。十分に平滑された表面を持つガラス基板の上にタンタル金属をスパッタ法により堆積した後、フォトリソグラフィ技術を用いて不要部分を取り除く。次に、このタンタル金属を陽極酸化法により表面を酸化させタンタル酸化物を形成する。さらに、クロム金属をタンタル金属同様にスパッタ法により堆積し、不要部分を取り除く。

【0025】この様にしてMIMダイオードが作られ、この素子の上に光導電膜3および透光性電極2が形成され、さらに、シンチレータ1が設けられる。光導電膜3上に現れる電位は駆動回路によって、ある選択行のMIM素子がオンになることで、各画素の信号が信号取り出し回路を通して読み出される。この方法は素子作成の工程が少なく簡便で経済的に有利である。

【0026】以上に示した実施例1から実施例3は、光導電膜3上に設けた透光性電極2上にシンチレータ1を蒸着し、シンチレータ1と光導電膜3とを密接形成した実施例であるが、つぎにシンチレータと光導電膜との間に表面が平坦な透明平板を介在させ、シンチレータと光導電膜とを別個に作成することを可能にするために、両者間に表面が平坦な透明平板を介在させた第2の発明を図にしたがって説明する。

【0027】【実施例4】図3に示す実施例は、透明平板として薄板ガラスを用いたもので、薄板ガラス9の上にシンチレータを形成する。これに別途ガラス基板8の上に、スイッチング素子5と光導電膜3、および、透光性電極2を設けたものを光学的接着剤91で接合している。また、図示していないが接合面の平滑化と素子の保護のためにポリイミド層を透光性電極2の上に形成することも有効である。例えば、CsIをシンチレータに選んだ場合に、CsIは被蒸着面の温度（いわゆる基板温度）によって形成される結晶構造が大きく変化することが分かっており、基板温度としては、200~300℃が適している。

【0028】この方法によれば、薄板ガラス9を用いているので、光導電膜やスイッチング素子部の形成とシン

チレータ部の形成を分離できるので、シンチレータの形成に際し、光導電膜やスイッチング素子の熱による特性劣化を考慮する必要がなくなり、CsI蒸着に最適な温度制御が可能となる。また、蒸着速度が大きい場合の被蒸着面の温度上昇も考慮する必要がなく、短時間でCsI蒸着が可能となり、最適の条件でシンチレータが作成でき、且つ、光導電膜等を熱により劣化させることがない。

【0029】また、薄板ガラス9では強度的に弱く取扱いが困難であるため、直径数 μm 程度のガラスファイバーを束ねて一枚の成形した、いわゆるFOP（ファイバー・オプティカル・プレート）を光学研磨して使用すれば、光の分散による分解能の劣化がなく、FOPを支持基板として厚みを持たせることができ、取扱いが簡便である。

【0030】【実施例5】FOPを用いた他の実施例を図4に示す。十分に光学研磨されたFOP92の一方の面に透光性電極2と光導電膜3をそれぞれスパッタ法・蒸着法を用いて形成する。また、もう一方の面にはシンチレータ1を形成する。これらは、画素毎に分割されていない一つの膜であるので、フォトリソグラフィ法等の高度な位置合わせ技術は必要ないため、比較的簡便に作製可能である。一方、別のガラス基板8の上にマトリックス状のスイッチング素子5を形成し、導電性接着剤93を用いて、FOPに形成した光導電膜3と組み合わせる。

【0031】導電性接着剤93には、市販の銀を主成分としたものなどを使用することもできるが、半球状のハンダバンプを画素毎に設け、低温接着することや、水銀系の化合物を用いて接着することもできる。なお、この実施例では、シンチレータと光導電膜とを別個に作成できるので、FOPの一方に、まず、基板の温度を上げてシンチレータを蒸着形成した後に、他方の面に光導電膜を形成するようにすれば、光導電膜にシンチレータ形成時の熱による特性劣化を与えることがない。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、シンチレータで放射線

を光に効率よく変換でき、この変換された光は強い電界のかけられた阻止型接触を持つ電極に挟まれた電荷増倍作用をもつ非晶質半導体層からなる光導電膜に導かれ、それ内の電荷増倍作用と前記シンチレータによる放射線から光への高効率変換と相俟って得られる信号量が極めて大きくなり、S/N比の良い高画質の画像が得られると共に、単位時間当たりの画像収集枚数も大きくできる。

【0033】また、CsI等のシンチレータを大きな面積で形成することは従来のイメージインテンシファイア製造技術上可能であり、アモルファスセレンの光導電膜の大型化も容易であることから、従来のイメージインテンシファイアと同様に「数百×数百」から「数千×数千」マトリックスの大画素をもつ、大面積視野で薄型の放射線2次元検出器が経済的にも有利な形で実現でき、しかも、その構造、ならびに、製作が簡単である。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の発明の一実施例にかかる放射線2次元検出器の構造を示す模式図。

【図2】図1の等価回路図。

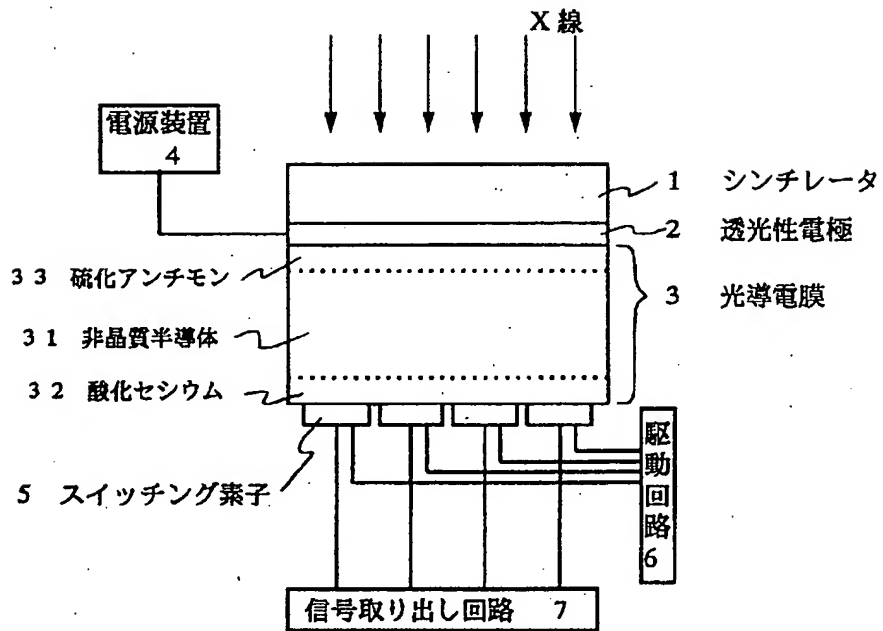
【図3】第2の発明の一実施例を製造方法との関連で示した模式図。

【図4】第2の発明の他の実施例を製造方法との関連で示した模式図。

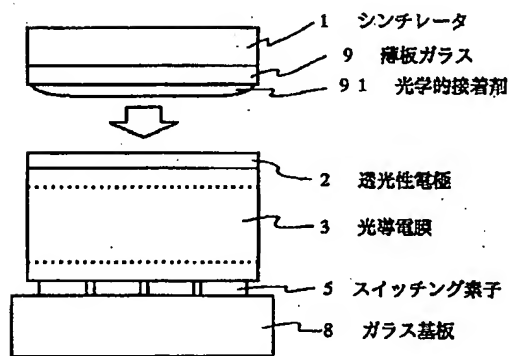
【符号の説明】

- | | | |
|------------|---------------|-----------|
| 1…シンチレータ | 2…透光性電極 | |
| 3…光導電膜 | | |
| 31：非晶質半導体 | 32：硫化アンチモン | 3 |
| 3：酸化セシウム | | |
| 4…電源装置 | 5…スイッチング素子 | 6…駆動回路 |
| 7…信号取り出し回路 | 8…絶縁基板（ガラス基板） | |
| 9…薄板ガラス | | |
| 91：光学的接着剤 | 92：FOP | 93：導電性接着剤 |

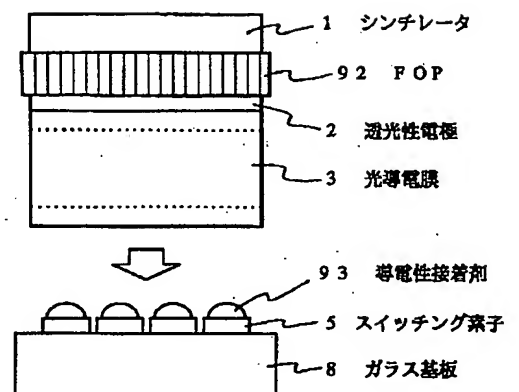
【図 1】



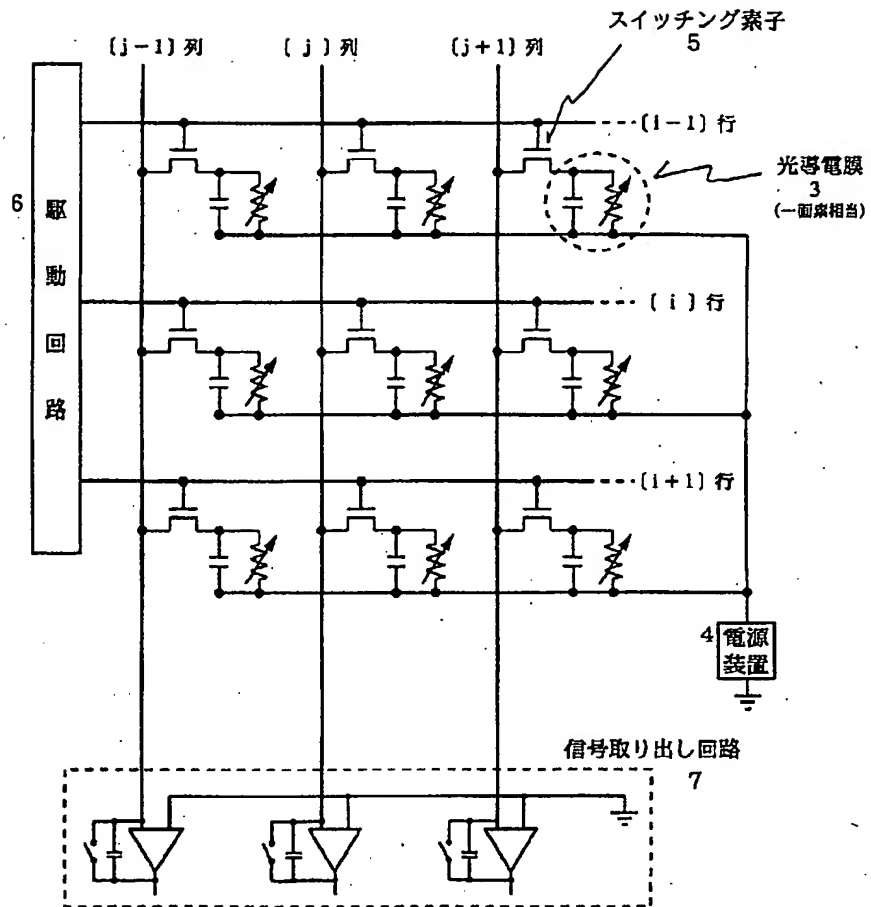
【図 3】



【図 4】



【図2】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁶

H 0 1 L 27/14

31/09

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

7630-4M

H 0 1 L 31/00

A